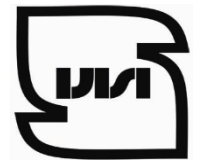




جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۱۰۷

تجدیدنظر اول

۱۳۹۹

INSO

17107

1st Revision

2021

Identical with
ASTM C1012:
2018

مالات - تغییر طول ملات‌های سیمان
هیدرولیکی در معرض محلول سولفات -
روش آزمون

**Mortar — Length change of hydraulic-
cement mortars exposed to a sulfate
solution — Test method**

ICS: 75.120

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روز رسانی و نشر استانداردهای ملی را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« ملات - تغییر طول ملات‌های سیمان هیدرولیکی در معرض محلول سولفات - روش آزمون »

رئیس:

پیرا، رویا

(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

سمت و / یا نمایندگی

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

دبیر:

فرشی حق‌رو، ساسان

(دکتری مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

امین بخش، آرمان

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

شرکت خانه‌سازی پیش‌ساخته آذربایجان

حیدری‌زاد، حمیدرضا

(کارشناسی مهندسی عمران)

آزمایشگاه آراد خاک بهینه کاوش

رسولی، بهزاد

(کارشناسی مهندسی صنایع شیمیایی)

شرکت نفت پاسارگاد تبریز

محمدزاده، شهرام

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

محمودی، توحید

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

تعاونی بازنشستگاه سپاه (بتن آماده امامیه)

مظفری، زینب

(کارشناسی ارشد شیمی)

شرکت آدوپن پلاستیک پرشین

موسوی، محمد

(کارشناسی مهندسی عمران)

آزمایشگاه آرمان صنعت تدبیر اندیش

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

مولائی، عیسی

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

سمت و/یا محل اشتغال:

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک اداره کل راه و شهرسازی

استان آذربایجان شرقی

ویراستار:

ارشد، بهمن

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اهمیت و کاربرد
۴	۴ وسایل
۴	۵ شناساگرها و مواد
۵	۶ خطرات
۵	۷ آماده‌سازی ملات‌ها
۶	۸ قالب‌های آزمون و محفظه عمل‌آوری اولیه
۶	۹ روش انجام آزمون
۹	۱۰ محاسبات
۱۰	۱۱ گزارش آزمون
۱۱	۱۲ دقت و اریبی
۱۲	پیوست الف (الزامی) تعیین مقدار آب سولفات سدیم
۱۴	پیوست ب (آگاهی دهنده) سابقه فنی
۱۸	پیوست پ (آگاهی دهنده) نمونه گزارش
۲۰	کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد « ملات- تغییر طول ملات‌های سیمان هیدرولیکی در معرض محلول سولفات- روش آزمون » که نخستین‌بار در سال ۱۳۹۲ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در نهصد و بیست و هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فراورده‌های ساختمانی مورخ ۹۹/۱۲/۱۱ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۱۰۷، سال: ۱۳۹۲ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد مزبور است:

ASTM C1012/C1012M: 2018b, Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution

ملات - تغییر طول ملات‌های سیمان هیدرولیکی در معرض محلول سولفات - روش آزمون

هشدار - این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند.

۱ هدف و دامنه کاربرد^۱

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، بیان تعیین تغییر طول منشور ملات غوطه‌ور شده در محلول سولفات می‌باشد. منشورهای ملات با استفاده از ملات شرح داده شده در روش آزمون استاندارد ASTM C109/C109M ساخته می‌شود که تا رسیدن به مقاومت فشاری (20.7 ± 1.0) MPa عمل‌آوری می‌شود. پیش از قرار دادن منشورها در محلول، مقاومت فشاری با استفاده از مکعب‌های ساخته شده از همان ملات اندازه‌گیری می‌شود.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مرجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ASTM C109/C109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)

2-2 ASTM C114 Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۹۲: سال ۱۳۸۱، سیمانهای هیدرولیکی - روشهای آزمون شیمیایی - اندازه‌گیری عناصر اصلی، با استفاده از استاندارد ASTM C114:2000 و چند منبع دیگر تدوین شده است.

۱- توضیحات تکمیلی در خصوص دامنه کاربرد این استاندارد، در بند اهمیت و کاربرد (به بند ۳ مراجعه شود) ارائه شده است.

2-3 ASTM C150/C150M Specification for Portland Cement

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳۸۹: سال ۱۳۷۸، ویژگی‌های سیمان پرتلند، با استفاده از استاندارد ASTM C150:1994 و چند منبع دیگر تدوین شده است.

2-4 ASTM C157/C157M Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۳۹: سال ۱۳۹۲، تغییر طول ملات و بتن سیمان هیدرولیکی سخت شده - روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM C157:2008 تدوین شده است.

2-5 ASTM C215 Test Method for Fundamental Transverse, Longitudinal, and Torsional Resonant Frequencies of Concrete Specimens

2-6 ASTM C305 Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency

2-7 ASTM C348 Test Method for Flexural Strength of Hydraulic- Cement Mortars

2-8 ASTM C349 Test Method for Compressive Strength of Hydraulic- Cement Mortars (Using Portions of Prisms Broken in Flexure)

2-9 ASTM C452 Test Method for Potential Expansion of Portland- Cement Mortars Exposed to Sulfate

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۷۹۰: سال ۱۳۸۷، سیمان هیدرولیکی - تعیین پتانسیل انبساط ملات های سیمان پرتلند در معرض سولفات - روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM C452: 2006 تدوین شده است.

2-10 ASTM C490/C490M Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۴۲: سال ۱۳۹۲، وسایل تعیین تغییر طول خمیر سیمان، ملات و بتن سخت شده - آیین کار، با استفاده از استاندارد ASTM C490/C490M:2011 تدوین شده است.

2-11 ASTM C511 Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۴۰: سال ۱۳۹۲، اتاق اختلاط، محفظه رطوبت، اتاق رطوبت و حوضچه های آب مورد استفاده در آزمون سیمان هیدرولیکی و بتن ها - ویژگی‌ها، با استفاده از استاندارد ASTM C511: 2009 تدوین شده است.

2-12 ASTM C595/C595M Specification for Blended Hydraulic Cements

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳۴۳۲: سال ۱۳۸۰، سیمان پرتلند پوزولانی - ویژگی‌ها، با استفاده از استاندارد ASTM C595:1998 و چند منبع دیگر تدوین شده است.

2-13 ASTM C597 Test Method for Pulse Velocity Through Concrete

2-14 ASTM C618 Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete

2-15 ASTM C778 Specification for Standard Sand

یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۸۱۹: سال ۱۳۸۹، ماسه مرجع برای استفاده در آزمون سیمان‌های هیدرولیکی – ویژگی‌ها، با استفاده از استاندارد ASTM C778: 2006 تدوین شده است.

2-16 ASTM C917/C917M Test Method for Evaluation of Variability of Cement from a Single Source Based on Strength

2-17 ASTM C989/C989M Specification for Slag Cement for Use in Concrete and Mortars

2-18 ASTM C1157/C1157M Performance Specification for Hydraulic Cement

2-19 ASTM D1193 Specification for Reagent Water

یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸: سال ۱۳۸۱، آب مورد مصرف در آزمایشگاه تجزیه – ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، با استفاده از استاندارد ISO 3696: 1987 تدوین شده است.

2-20 ASTM E18 Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials

2-21 ASTM E177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods

2-22 ASTM E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

2-23 ASTM C109/C109M Test Method for compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] cube Specimens)

2-24 ASTM E284 Terminology of appearance

2-25 ACI C201-2R-01 Guide to durable concrete

۳ اهمیت و کاربرد

۱-۳ این روش آزمون، برای تعیین مقاومت در برابر سولفات برای ملات‌های ساخته شده از سیمان پرتلند، مخلوط‌های سیمان پرتلند با پوزولان‌ها یا سرباره‌ها، و همچنین سیمان‌های هیدرولیکی آمیخته کاربرد دارد. روش‌های آزمون طبق استاندارد ASTM C452 برای ارزیابی سیمان‌های پرتلند مناسب است اما برای سیمان‌های آمیخته یا مخلوط‌های سیمان پرتلند با پوزولان‌ها یا سرباره‌ها کاربرد ندارد.

۲-۳ محلول استاندارد مورد استفاده در این روش آزمون، شامل ۳۵۲ مول Na_2SO_4 در یک متر مکعب است (۵۰ g/l) (مگر این که محلول دیگری ذکر شود). سایر غلظت‌های سولفات یا سایر سولفات‌ها مانند MgSO_4 را می‌توان به منظور شبیه‌سازی شرایط محیطی دلخواه مورد استفاده قرار داد.

۴ وسایل

- ۱-۴ مخلوط‌کن، طبق الزامات استاندارد ASTM C305؛
۲-۴ قالب‌های مکعبی، طبق الزامات استاندارد ASTM C109/C109M؛
۳-۴ قالب‌های منشوری، طبق الزامات استاندارد ASTM C490/C490M؛
۴-۴ قالب‌ها و دستگاه اندازه‌گیری تغییرات طول، طبق الزامات استاندارد ASTM C490/C490M؛
یادآوری- از این پس در این استاندارد، «دستگاه اندازه‌گیری تغییرات طول» به اختصار «دستگاه» نامیده می‌شود.

۴-۵ محفظه‌ها، محفظه‌هایی که منشورها در آن در محلول سولفات غوطه‌ور می‌شوند باید در برابر خوردگی مقاوم باشد. این محفظه‌ها می‌توانند از موادی مانند پلاستیک، شیشه یا سرامیک ساخته شوند. منشورها باید در محلول و روی تکیه‌گاه‌هایی قرار داده شوند، به گونه‌ای که انتها و اطراف منشور با بدنه محفظه در تماس نباشد و محلول اطراف منشورها را کاملاً در برگیرد. محفظه را با یک درپوش طوری آب-بندی نمایید که امکان تبخیر محلول سولفات وجود نداشته باشد.

۴-۶ محفظه عمل‌آوری اولیه، محفظه و پایه‌هایی که آزمونه‌ها در آن عمل‌آوری می‌شوند باید از موادی مانند پلاستیک، شیشه یا سرامیک ساخته شده و در برابر خوردگی و حرارت مقاوم باشند. محفظه باید در اندازه‌ای ساخته شود که امکان نگهداری آزمونه‌ها در آن مقدور باشد به گونه‌ای که انتها و اطراف یک منشور یا مکعب با بدنه محفظه در تماس نباشد و محلول اطراف آزمونه‌ها را کاملاً در برگیرد. درپوش روی محفظه باید به گونه‌ای هوابندی شود که امکان تبخیر آب وجود نداشته باشد. ممکن است بیش از یک محفظه به منظور عمل‌آوری اولیه یک مجموعه کامل از منشورها و آزمونه‌های مکعبی مورد نیاز باشد.

۴-۷ گرمخانه، یک گرم‌خانه دارای تهویه با کنترل دما برای ثابت نگه‌داشتن دما در محدوده دمایی $(35 \pm 3)^\circ\text{C}$.

۵ شناساگرها و مواد

۵-۱ خلوص شناساگرها، می‌توان از شناساگر با رده دارویی (USP)^۱ یا رده صنعتی استفاده نمود. مشروط بر آن که شناساگرهای مصرفی به اندازه کافی از خلوص بالایی برخوردار باشند تا باعث کاهش دقت اندازه‌گیری نشوند. در هنگام آزمون‌هایی که پیش‌بینی می‌شود نتایج آن در مرز قبول-رد قرار دارد، توصیه می‌شود که از مواد شیمیایی با رده شناساگر استفاده شود.

1-United States Pharmacopeia

۲-۵ خلوص آب، منظور از آب در این استاندارد، آب مطابق با نوع IV استاندارد ASTM D1193 است، مگر این که به نوع دیگری از آب اشاره شود.

۳-۵ سدیم سولفات (Na_2SO_4)، پیش از هر بار استفاده از محلول، مقدار آب موجود در هر محلول آماده شده را با استفاده از افت ناشی از احتراق بررسی کنید. هر گونه سدیم سولفات آبدار یا بدون آب را می‌توان برای انجام آزمون استفاده کرد مشروط بر این که مقدار آب موجود در نمک با آزمون افت ناشی از احتراق بررسی گردد. برای به دست آوردن محلول سولفات با غلظت مشخص شده باید اصلاحات متناسب اعمال گردد.

۴-۵ محلول سولفات، هر لیتر محلول باید شامل 50.70 g از Na_2SO_4 حل شده در 900 ml آب باشد. سپس با کمک آب مقطر یا آب یون‌زدایی شده تا حجم یک لیتر رقیق گردد. یک روز قبل از مصرف، محلول را آماده کنید سپس روی آن را بپوشانید و در دمای $(23.0 \pm 2.0)^\circ\text{C}$ نگهداری کنید. قبل از مصرف، pH محلول را مشخص کنید. اگر pH محلول خارج از محدوده 6.0 تا 8.0 باشد، محلول را مردود کنید. نسبت حجمی محلول سولفات به منشورهای ملات در یک محفظه نگهداری باید 4.0 ± 0.5 باشد. برای منشورهای به ابعاد $(25 \times 25 \times 285) \text{ mm}$ (با حجم 178 ml)، این حجم برابر 625 ml تا 800 ml محلول به ازای هر منشور ملات در محفظه نگهداری است.

۵-۵ مواد

۱-۵-۵ ماسه استاندارد دانه‌بندی شده، طبق استاندارد ASTM C778؛

۲-۵-۵ گل‌میخ‌های اندازه‌گیری، از جنس فولاد زنگ نزن طبق استاندارد ASTM C490/C490M؛

۶ خطرات

۱-۶ مخلوط‌های سیمان هیدرولیکی تازه، سوزاننده است و در صورت تماس طولانی مدت ممکن است باعث سوختگی‌های شیمیایی پوست و بافت آن گردد.

۷ آماده‌سازی ملات‌ها

۱-۷ ملات‌ها را طبق استاندارد ASTM C109/C109M تهیه کنید. یک واحد وزنی سیمان را با 2.75 واحد وزنی ماسه مخلوط کنید. نسبت وزنی آب به سیمان برای کلیه سیمان‌های پرتلند غیر هوازا برابر با 0.485 طبق استاندارد ASTM C150/C150M و نسبت وزنی آب به سیمان برای کلیه سیمان‌های پرتلند هوازا برابر با 0.460 طبق استاندارد ASTM C150/C150M استفاده شود. برای سیمان‌های پرتلند غیرهوازا از نسبت وزنی آب به سیمان 0.485 طبق استانداردهای ASTM C595/C595M یا ASTM C1157/C1157M استفاده شود. برای مخلوط‌های سیمان طبق استانداردهای

به گونه‌ای تعیین کنید که باعث ایجاد روانی در محدوده ± 5 نسبت به ملات سیمان بدون پوزولان یا سرباره اضافی با نسبت وزنی آب به سیمان ۰٫۴۸۵ شود.

۸ قالب‌های آزمون و محفظه عمل‌آوری اولیه

قالب‌های آزمون را طبق الزامات استاندارد ASTM C490/C490M آماده کنید با این تفاوت که سطوح داخلی قالب را باید با یک ماده رهاساز آغشته کنید. یک ماده رهاساز در صورتی قابل قبول است که به عنوان یک ماده رها کننده و بدون هیچ گونه اثری بر زمان گیرش سیمان عمل نماید. همچنین ماده رهاساز نباید اثری از خود باقی بگذارد تا مانع نفوذ آب به داخل آزمون‌ها نشود.

یادآوری - نوارهای تفلون (TFE)^۱ فلوروکربن اندود شده الزامات مورد نیاز را برآورد کند و به عنوان یک ماده رهاساز قالب قابل استفاده است.

۱-۸ آماده‌سازی محفظه عمل‌آوری

۱-۱-۸ پیش از قالب‌گیری آزمون‌ها، محفظه عمل‌آوری اولیه را آماده کنید. بدین منظور، پایه‌هایی را در قسمت تحتانی قرار دهید تا به کمک آنها بتوان قالب‌ها را بالای ارتفاع دلخواهی از سطح آب نگه‌داری نمود. محفظه را با آب پیش‌گرم‌شده در درجه حرارت $(35,0 \pm 3,0)^\circ\text{C}$ معادل پر کنید. اطمینان حاصل کنید که سطح آب بالاتر از پایه‌ها نباشد.

۹ روش انجام آزمون

۱-۹ قالب‌گیری و عمل‌آوری اولیه آزمون‌ها

منشورهای آزمون را طبق استاندارد ASTM C157/C157M و مکعب‌ها را طبق استاندارد ASTM C109/C109M قالب‌گیری کنید. به منظور آزمون یک محصول سیمانی، یک مجموعه آزمون متشکل از ۶ منشور و تا ۲۱ مکعب مورد نیاز است (یادآوری مراجعه شود). بلافاصله پس از قالب‌گیری، قالب‌ها را با فولاد صلب، شیشه یا صفحه پلاستیکی پوشانده و در محفظه عمل‌آوری و روی پایه‌ها قرار دهید. محفظه را با یک درپوش بپوشانید و درپوش را طوری آب‌بندی کنید تا از تبخیر آب جلوگیری شود. محفظه را در یک گرمخانه و در دمای $(35,0 \pm 3,0)^\circ\text{C}$ معادل و به مدت $(23,5 \pm 0,5) \text{ h}$ قرار دهید. پس از $(23,5 \pm 0,5) \text{ h}$ قالب‌ها را از محفظه و آزمون‌ها را از قالب خارج کنید.

1-Tetrafluoroethylene

یادآوری - وقتی اطلاعات قابل ملاحظه‌ای از آهنگ افزایش مقاومت موجود نباشد، تعداد ۲۱ مکعب در آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرد. وقتی این اطلاعات در دسترس باشد (برای مثال، با استفاده از روش ذکر شده در استاندارد ASTM C917/C917M) استفاده از تعداد کمتری مکعب، کافی است. در این مواقع تنها ساخت مکعب‌هایی برای تعیین زمان رسیدن مقاومت ملات به $MPa (1.0 \pm 2.0)$ نیاز می‌شود.

۹-۲ عمل‌آوری ثانویه و آماده‌سازی برای آزمون

بعد از بیرون آوردن آزمون‌ها از قالب، تمامی منشورها و مکعب‌ها، به جز دو آزمون‌ای که باید آزمون شوند، در حوضچه عمل‌آوری قرار داده می‌شوند. حوضچه عمل‌آوری با آب آهک در دمای $^{\circ}C (21.0 \pm 2.0)$ پر می‌شود. پس از این که دو آزمون مکعب از قالب بیرون آورده شدند، زیر پارچه‌های مرطوب قرار داده و تا رسیدن به دمای محیط خنک می‌شود. سپس دو آزمون را با آزمون مقاومت فشاری و مطابق با استاندارد ASTM C109/C109M آزمون کنید (یادآوری بند ۸ مراجعه شود). اگر متوسط مقاومت فشاری آزمون‌های مکعب $MPa 20$ یا بیش‌تر شد، طبق استاندارد ASTM C109/C109M میزان تغییر طول آزمون‌های منشور را خوانش و یادداشت کنید. سپس همه منشورها را در محلول سولفات قرار دهید. اگر متوسط مقاومت فشاری آزمون‌های مکعب برابر $MPa 20$ نشد، مکعب‌ها و منشورهای ملات را از قالب درآورده و در حوضچه عمل‌آوری قرار دهید و مکعب‌های بیش‌تری را آزمون کنید (به یادآوری مراجعه شود). از روی نتیجه آزمون‌های مکعب اولیه، زمان رسیدن به حداقل مکعب‌های فشاری $MPa 20$ اعداد خوانده شده از روی دستگاه را خوانش و یادداشت کنید. سپس همه منشورها را در محلول سولفات قرار دهید (به یادآوری مراجعه شود). این اندازه‌گیری به عنوان طول اولیه در نظر گرفته می‌شود. دمای نگهداری و دمای آزمون باید $^{\circ}C (21.0 \pm 2.0)$ معادل باشد.

یادآوری - اگر میزان مقاومت فشاری در ۲۴ ساعت اول کمتر از $MPa 20$ باشد و انجام آزمون‌های بیش‌تر در همان روز ممکن نباشد، یا امکان کسب مقاومت فشاری بیش از $MPa 20$ غیرمحمول باشد و در اوایل روز بعد، آزمون مقاومت فشاری بیش از $MPa 21$ را نشان دهد، آنگاه نیازی به ساخت مجدد مخلوط نیست. اگر دو مکعب مقاومت لازم را کسب نکردند، به عمل‌آوری مکعب‌ها و منشورها طبق زیربند ۹-۲ در حوضچه عمل‌آوری، با آب آهک اشباع در دمای $^{\circ}C (21.0 \pm 2.0)$ معادل ادامه دهید.

۹-۳ نگهداری آزمون‌های منشوری قرار گرفته در محلول آزمون

روی محفظه حاوی منشورها و محلول آزمون را بپوشانید و آن را آب‌بند کنید تا تبخیر آب از داخل یا رقیق شدن محلول با آب از خارج محفظه، ممکن نباشد (به یادآوری ۱ مراجعه شود). دمای نگهداری و دمای آزمون باید $^{\circ}C (21.0 \pm 2.0)$ باشد (به یادآوری ۲ مراجعه شود).

یادآوری ۱ - نوار تفلون برای آب‌بندی محفظه مناسب است.

یادآوری ۲ - این همان دما و محدوده دمایی است که برای اتاق‌های مرطوب در استاندارد ASTM C511 مشخص شده است.

۴-۹ اندازه‌گیری تغییر طول

در بازه‌های زمانی ۱، ۲، ۳، ۴، ۸، ۱۳، ۱۵ هفته پس از قرار دادن منشورها در محلول سولفات، با کمک دستگاه و طبق استاندارد ASTM C490 تغییر طول منشورها را مورد آزمون و اندازه‌گیری قرار دهید. در طی ۱۵ هفته اطلاعات به دست آمده را بازبینی کنید. اندازه‌گیری‌های بعدی را در ۴، ۶، ۹، ۱۲ ماه پس از قرار گیری نمونه‌ها در محلول نیز ادامه دهید. در هر زمان که آهنگ تغییرات بین اندازه‌گیری‌های خوانش شده تغییر قابل ملاحظه‌ای داشت، خوانش‌های دیگری بین بازه‌های زمانی داده شده انجام دهید. به این ترتیب اطمینان حاصل می‌شود که بازه‌های زمانی به اندازه کافی کوچک هستند که امکان مشاهده و گزارش رفتار منشورها باشد. اگر انطباق با استاندارد ACI C201-2R-01 کلاس ۳ مورد نیاز باشد اندازه‌گیری منشورها را در ماه‌های ۴، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ انجام دهید (به یادآوری مراجعه شود).

یادآوری - طبق استاندارد ACI C201-2R-01 حدود ۱۸ ماه برای کلاس ۳ در معرض گذاری مورد نیاز است.

۱-۴-۹ جزئیات اندازه‌گیری تغییر طول منشورها

۱-۱-۴-۹ حفره واقع در پایه دستگاه را تمیز کنید. گل میخ اندازه‌گیری واقع در انتهای زیرین هر منشور در این حفره جای داده می‌شود. (به علت احتمال تجمع آب و ماسه در حفره، پس از خوانش باید حفره را تمیز نمود). شاخص دستگاه مربوط به طول میله مرجع را خوانش و یادداشت کنید. یک منشور را از محلول بیرون آورید، گل‌میخ‌ها را خشک کنید، منشور را در دستگاه قرار دهید و طول مربوطه را خوانش و یادداشت کنید. منشور را به محلول برگردانید و حفره واقع در پایه دستگاه را تمیز کنید. دومین منشور را از محلول بیرون بیاورید و مشابه منشور اول آن را در دستگاه قرار دهید. منشور دوم را به محلول برگردانید و طول منشور دوم را خوانش و یادداشت کنید. حفره واقع در پایه دستگاه را تمیز کنید. همین مراحل را ادامه دهید تا طول تمامی منشورها خوانش و یادداشت شده و همه منشورها به حوضچه نگه‌داری بازگردانده شوند. در هر مرتبه حفره واقع در پایه دستگاه را تمیز کنید. بعد از خوانش طول آخرین منشور، حفره واقع در پایه دستگاه را تمیز کرده و طول میله مرجع را خوانش و یادداشت کنید.

۲-۱-۴-۹ هنگامی مقاومت لازم ملات طبق زیربند ۹-۲ به دست آمد، منشورها را در محلول سولفات تازه قرار دهید. در هر مرتبه تعویض محلول، محفظه را یک مرتبه با آب شستشو دهید، آب و مواد باقی‌مانده را بیرون بریزید. سپس پایه‌های نگه‌دارنده منشورها را در محفظه جاگذاری کنید. محفظه را به میزانی که در بند ۴-۴ بیان شده با محلول سولفات جدید پر کنید و درپوش روی آن را محکم کنید. در خوانش‌های ثانویه برای تعیین تغییر طول، مطابق آنچه در زیربند ۹-۴-۱-۱ آمده است عمل نمایید. در ابتدا و قبل از خوانش طول میله مرجع و نیز پس از خوانش طول هر منشور ملات، حفره واقع در پایه دستگاه را تمیز کنید. خوانش‌های طول برای میله مرجع و برای ملات را یادداشت کنید. بعد از اندازه‌گیری آخرین منشور، طول میله مرجع را دوباره خوانش و یادداشت کنید. فقط اطراف گل‌میخ‌ها را خشک کنید (یادآوری). پس از

خوانش طول هر منشور، آن را به محلول سولفات بازگردانید. پس از خوانش طول منشورها در بازه‌های زمانی استاندارد ۱، ۲، ۳، ۴، ۸، ۱۳، ۱۵ هفته و نیز ۴، ۶، ۹، ۱۲ ماهه، محلول استفاده شده را تعویض کنید.

یادآوری - هدف از خشک کردن حداقلی گل‌میخ‌ها و خشک نکردن منشورها، اجتناب از خشک شدن و جمع‌شدگی منشورها است. به این منظور گل‌میخ‌ها را به صورت کامل خشک نموده و منشورها را تنها رطوبت‌گیری نمایید. توصیه می‌گردد پس از اندازه‌گیری تغییر طول، جرم منشورهای ملات نیز بلافاصله اندازه‌گیری شود و تغییر وزن نسبت به وزن اولیه گزارش گردد.

۹-۴-۲ بررسی آزمون‌ها پس از اندازه‌گیری تغییر طول

در مواقعی که رفتار منشورها غیر معمولی به نظر برسد یا آن که، آزمون، بخشی از یک مطالعه پژوهشی باشد، آزمون‌ها را از لحاظ تاب برداشتن بررسی کنید، به این منظور آن‌ها را روی یک سطح صاف قرار دهید. در صورتی که دو انتهای منشور به سمت پایین خم شده بود، حداکثر قوس آن را اندازه‌گیری و گزارش کنید. وجود ترک، محل ترک و نوع ترک‌ها را گزارش کنید. هم‌چنین رسوبات سطحی، لک‌ها و تراوش‌های (ساختار، ضخامت و نوع آن‌ها) را گزارش کنید.

۹-۵ رواداری زمانی

تمامی زمان‌های مذکور در زیربند ۹-۴ باید دارای رواداری به میزان $\pm 2\%$ باشد.

۱۰ محاسبات

۱۰-۱ در هر سنی، تغییر طول را به ترتیب زیر محاسبه کنید.

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{L_g} \times 100 \quad (1)$$

که در آن:

ΔL تغییر طول در سن x بر حسب درصد؛

L_x طول خوانش شده آزمون در سن x - طول خوانش شده میله مرجع در سن x ؛

L_i طول خوانش شده آزمون - طول خوانش شده میله مرجع در همان سن؛

L_g طول اسمی سنجه یا ۲۵۰ mm، هر کدام که کاربرد داشته باشد (به استاندارد ASTM C490/C490M مراجعه شود) است.

۱۰-۲ مقادیر تغییر طول برای هر منشور با تقریب 0.001% محاسبه شده و میانگین‌ها با تقریب 0.1% گزارش شود.

۱۱ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید دست کم شامل اطلاعات زیر باشد:

۱-۱۱ ارجاع به این استاندارد ملی؛

۱۱-۲ تاریخ تحویل آزمون به آزمایشگاه، تاریخ انجام آزمون، شناسنامه محصول (شامل نوع تولید کننده، تاریخ تولید، محل تولید و ...)، محل انجام آزمون گزارش شود؛

۱۱-۳ نوع سیمان مصرفی؛

۱۱-۴ در صورت استفاده از مواد افزودنی معدنی، مشخصات و میزان آن و نیز این که آیا سیمان و مواد افزودنی معدنی، در صورت استفاده، مشخصات قابل قبول دارند در گزارش ذکر شود؛

۱۱-۵ خوانش اولیه دستگاه را برای طول هر منشور و در زمان قرار دادن در محلول سولفات گزارش کنید. این خوانش، طول اولیه‌ای برای محاسبه تغییرات طول است. تغییرات طول بعدی را بر حسب درصدی از طول اولیه و با تقریب 0.001% محاسبه شده و میانگین‌ها با تقریب 0.1% گزارش شود.

۱۱-۶ توصیه می‌شود پس از اندازه‌گیری تغییر طول، جرم منشورهای ملات نیز بلافاصله اندازه‌گیری شود و تغییر وزن نسبت به وزن اولیه گزارش شود؛

۱۱-۷ شرایط ظاهری منشورها را در پایان آزمون شرح دهید؛

۱۱-۸ همراه هر گزارش از میانگین تغییر طول منشورها در سن مشخص، تعداد منشورها (n)، ضریب تغییرات و انحراف معیار تغییر طول را نیز گزارش کنید. برای شکل‌گیری یک آزمون معتبر در هر سن، باید اطلاعات مربوط به حداقل سه منشور در آن سن موجود باشد. بسته به این که چند آزمون باقی مانده باشد، حداکثر میزان مجاز مقادیر تغییر طول نباید از مقادیر داده شده در جدول ۱ بر حسب درصد تجاوز کند.

۱۱-۹ هر گونه مغایرت با روش آزمون مذکور در این استاندارد شامل تفاوت در ترکیب محلول، غلظت محلول یا دما، نسبت اختلاط ملات، سن و بلوغ ملات و موارد مشابه در گزارش ذکر شود؛

۱۱-۱۰ نام و نام خانوادگی و امضای آزمون‌کننده؛ و

۱۱-۱۱ نام و نام خانوادگی و امضای تاییدکننده.

۱۲ دقت و اریبی

۱-۱۲ دقت

دقت این روش آزمون با آزمون مشترک ارزیابی شده و ملاحظه شد بسته به نوع سیمان مورد استفاده، دقت متفاوت است. بنابراین دقت‌های متفاوتی حاصل شد. این مقدار دقت‌ها برای کشورهای توسعه یافته محاسبه شده است.

۱-۱-۱۲ سیمان‌های آمیخته، برای یک آزمون گر و برای محدوده انبساط از ۰/۰۴٪ تا ۰/۰۷٪، انحراف معیار به میزان ۰/۰۱٪ مشاهده شد. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده که توسط همان آزمون گر و روی همان سیمان آمیخته نوع IP یا IS انجام می‌شود، نباید با یکدیگر بیش از ۰/۰۲۸٪ تفاوت داشته باشد. برای چند آزمایشگاه و برای محدوده انبساط از ۰/۰۴٪ تا ۰/۰۷٪، انحراف معیار به میزان ۰/۰۲٪ مشاهده شد. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده که بر روی همان سیمان آمیخته نوع IP یا IS و در دو آزمایشگاه مختلف انجام می‌شود، نباید با یکدیگر بیش از ۰/۰۵۶٪ تفاوت داشته باشد.

۲-۱-۱۲ سیمان‌های نوع دو، برای یک آزمون گر و برای محدوده انبساط از ۰/۰۴٪ تا ۰/۰۷٪، انحراف معیار به میزان ۰/۰۰۵٪ مشاهده شد. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده که توسط همان آزمون گر و روی همان سیمان انجام می‌شود، نباید با یکدیگر بیش از ۰/۰۱۴٪ تفاوت داشته باشد. برای چند آزمایشگاه و برای محدوده انبساط از ۰/۰۴٪ تا ۰/۰۷٪، انحراف معیار به میزان ۰/۰۲٪ مشاهده شد. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده که بر روی همان سیمان و در دو آزمایشگاه مختلف انجام می‌شود، نباید با یکدیگر بیش از ۰/۰۵۶٪ تفاوت داشته باشد.

۳-۱-۱۲ سیمان‌های نوع پنج، برای یک آزمون گر و برای محدوده انبساط از ۰/۰۴٪ تا ۰/۰۷٪، انحراف معیار به میزان ۰/۰۰۳٪ مشاهده شد. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده که توسط همان آزمون گر و روی همان سیمان انجام می‌شود، نباید با یکدیگر بیش از ۰/۰۰۹٪ تفاوت داشته باشد. برای چند آزمایشگاه و برای محدوده انبساط از ۰/۰۴٪ تا ۰/۰۷٪، انحراف معیار به میزان ۰/۰۱۰٪ مشاهده شد. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده که بر روی همان سیمان و در دو آزمایشگاه مختلف انجام می‌شود، نباید با یکدیگر بیش از ۰/۰۲۸٪ تفاوت داشته باشد.

۲-۱۲ اریبی

از انجایی که ماده مرجع قابل قبولی برای تعیین اریبی این روش آزمون وجود ندارد، هیچ عبارتی در مورد اریبی به وجود آمده بیان نمی‌شود.

پیوست الف

(الزامی)

تعیین مقدار آب سدیم سولفات

الف-۱ وسایل

الف-۱-۱ بوتله چینی، با حجم ۱۵ mm؛

الف-۱-۲ گرم‌خانه، با قابلیت خشک‌سازی آزمون‌ها و نگهداری در دمای $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ ؛

الف-۱-۳ خشکانه، با یک ماده خشک‌کننده مناسب، مانند منیزیم پرکلرات یا آلومینای فعال شده. کلسیم سولفات همراه با یک شاخص تغییر رنگ که در هنگام از دست دادن اثرگذاری، تغییر رنگ می‌دهد نیز به عنوان یک ماده خشک‌کننده مناسب است.

الف-۱-۴ ترازو، طبق استاندارد ASTM C114.

الف-۲ تعیین میزان آب

الف-۲-۱ مقداری سولفات سدیم با وزن خالص تقریبی ۱ g در یک بوتله چینی قرار دهید. بوتله چینی و محتویات آن را در گرم‌خانه با دمای $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ و به مدت (1 ± 0.25) h خشک کنید. بوتله چینی و محتویات آن را از گرم‌خانه خارج کنید و در یک خشکانه، تا رسیدن به دمای اتاق سرد کنید (به یادآوری مراجعه شود). پس از خشک کردن، وزن بوتله چینی و سولفات سدیم را یادداشت کنید. یادآوری - معمولاً زمان ۵ دقیقه الی ۳۰ دقیقه کافی است. یک ظرف پیرکس کوچک را می‌توان استفاده کرد. ظرفی که بتوان آن را به دقت وزن کرد. (مثلاً ظرف پیرکس با حجم ۵۰ ml).

الف-۳ محاسبات

میزان آب موجود در سولفات سدیم را با تقریب ۰٫۱٪ و مطابق معادله زیر حساب کنید:

$$\%WC = \frac{(M_i - M_f) \times 100}{M_{SS}} \quad (\text{الف-۱-۱})$$

که در آن:

WC % مقدار آب برحسب درصد؛

M_i وزن سولفات سدیم + وزن بوتله چینی پیش از گرمایش برحسب گرم؛

M_f وزن سولفات سدیم + وزن بوتله چینی پس از گرمایش برحسب گرم؛

M_{SS} وزن سولفات سدیم پیش از گرمایش برحسب گرم؛

WC% را برای اصلاح جرم سولفات سدیم در زیر بند ۵-۴ استفاده کنید (به یادآوری مراجعه شود).

یادآوری- برای مثال: مقدار آب به میزان ۵٪ مشخص شده است. وزن سولفات سدیم بدون آب به شرح زیر اصلاح می‌شود:

$$\frac{(WC\% - 100) \times \text{وزن سولفات سدیم آبدار}}{100} = \text{وزن سولفات سدیم بدون آب} \quad (\text{الف-۲})$$

یا:

$$\frac{50 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \times X\text{H}_2\text{O} \times (100-5)}{100} = 47.5 \text{ g} \quad (\text{الف-۳})$$

یا بر عکس:

$$\frac{50 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \times 100 = 52.6 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \times X\text{H}_2\text{O}}{(100-5)} \quad (\text{الف-۴})$$

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

تعیین مقدار آب سدیم سولفات

ب-۱ این روش آزمون، به صورت تحقیق مناسبی برای مقاومت در برابر سولفات بر پایه اندازه‌گیری تغییر طول منشورهای غوطه‌ور در محلول سولفات توسعه یافت. این روش بعد از مشخص شدن این که در روش آزمون استاندارد ASTM C452 سولفات به صورت مخلوط به ملات اضافه می‌شود، صورت گرفت و منشورهای ذخیره شده در آب شیرین قادر به ارزیابی درست مقاومت سیمان آمیخته و آمیخته‌های سیمان پرتلند و پوزلانی یا سرباره در برابر سولفات نبود.

ب-۲ این روش آزمون در دو مرحله انجام شد. برنامه اول شامل پنج سیمان (تیپ ۱ و تیپ ۲ و تیپ پنج طبق استاندارد ASTM C150/C150M و نوع IS و IP طبق استاندارد ASTM C595/C595M) بود. محلول آزمون شامل دو محلول منیزیم سولفات و سدیم سولفات هر کدام 0.176 mol/l بود. گزارش این کار در دسترس است [۱]. برنامه دوم شامل ۸ ترکیب با استفاده از سیمان تیپ ۱ و ۲ با سرباره ۷۰٪ و ۵۰٪، خاکستر ۲۵٪ طبقه F و ۳۵٪ طبقه C (طبق استاندارد ASTM C618) بود. دو محلول آزمون مورد استفاده: یکی شامل سدیم سولفات 0.303 mol/L و منیزیم سولفات ۰٫۰۴۹٪ و دیگری فقط سدیم سولفات 0.352 mol/L بود.

ب-۳ این روش آزمون شامل تغییر طول هیدرولیکی منشور ملات غوطه‌ور شده در محلول سولفات است. منشورهای ملات پس از رسیدن از مکعب‌های ملات همراه که به مقاومت فشاری تا $(20.0 \pm 1.0) \text{ MPa}$ در محلول سولفات قرار داده می‌شود. تلاش برای استفاده از روش استاندارد ASTM C452 برای سیمان آمیخته و سیمان پرتلند آمیخته و سرباره (طبق استاندارد ASTM C989/C989M) یا پوزلانی (ASTM C618) با سیمان پرتلند نتوانست نتیجه‌ای حاصل کند که مرتبط با تجربیات آزمایشگاهی و میدانی باشد. که در آن ملات یا بتن قبل از قرارگیری در معرض محلول سولفات مقداری بلوغ ایجاد می‌شود [2]. از آنجا که سیمان آمیخته و بعضی آمیخته‌های سرباره و پوزلانی با سیمان پرتلند که در آن مقاومت به سولفات مورد نیاز است با موفقیت استفاده شده‌اند، آنها تحت شرایطی آزمون شده‌اند که اجازه می‌دهد تا مقایسه‌ها بر اساس نتایج به دست آمده از آنجا که در عمل احتمالاً هنگام شروع حمله سولفات بدون در نظر گرفتن نوع متوسط سیمان به کار رفته، بتن تقریباً در همان مقاومت خواهد بود. همچنین این روش آزمون برای استفاده در ارزیابی سیمان پرتلند کاربرد دارد.

ب-۴ باور بر این است که حمله یون منیزیم موجود در آمیزه‌ها یا سیمان آمیخته حاوی سرباره محلول 0.176 mol/L در هر یک از دو سولفات (منیزیم و سدیم) تاثیر نامطلوبی دارد. بنابراین این محلول نباید برای ارزیابی چنین سیستم‌هایی استفاده شود مگر این که محلول‌هایی که در معرض حمله قرار گیرند یون منیزیم آن در مقادیر نزدیک به محلول آزمون (4200 ppm) موجود باشد.

ب-۵ این روش آزمون مکانیسم حمله سولفات به وسیله محلول‌های سولفات دیگر را شبیه‌سازی نمی‌کند. اگر ارزیابی رفتار به دلیل قرار گرفتن در معرض محلول سولفات معین مورد نظر باشد توصیه می‌شود از این محلول استفاده شود.

ب-۶ بنابراین کاربر ممکن است این روش آزمون را برای استفاده از ترمیمات یا غلظت‌های مربوط به محلول تهاجمی (در دوره دیگر یا درجه جا افتادگی به عنوان پایه‌ای برای شروع در معرض قرار گرفتن ملات با خواص مختلف، یا وسایل متفاوت و اضافی برای ارزیابی تاثیر محلول مهاجم بر روی نمونه است) تغییر دهد. کار زیادی با استفاده از منشور ملات با مقاومت کمتر (تخلخل بالا) در آزمون‌های قبل به وسیله کمیته ASTM C01 انجام شده است [5-7]. روشی که در آن سولفات سدیم در مقدار قلیایی/اسیدیته ثابت نگه-داشته می‌شود [8] پیشنهاد شده است. سایر روش‌های ارزیابی تاثیر محلول‌های تهاجمی که استفاده شده است یا پیشنهاد می‌شود شامل:

الف- تغییر سرعت پالس (روش آزمون استاندارد ASTM C597)؛

ب- تغییر بسامد تشدید (روش آزمون استاندارد 215)؛

پ- تغییر مقاومت فشاری (روش آزمون استاندارد ASTM C109/C109M و ASTM C349)؛

ت- تغییر در خمشی (روش آزمون استاندارد ASTM C348)؛

ث- تغییر در جرم؛

ج- تغییر در سختی (روش آزمون استاندارد ASTM E18).

ب-۷ کار گزارش شده توسط پولیوکا و براون [9] در سال 1958 میلادی و توسط مهتا و پولیوکا در سال 1975 میلادی [10] شامل آزمون‌های بتن قرار گرفته در معرض مخلوط حاوی ۵۰٪ از سدیم سولفات و منیزیم سولفات است. کارهای مرتبط دیگر در منابع ذکر شده است.

ب-۸ دومین مطالعه با استفاده از مخلوط هر دو محلول سدیم / منیزیم سولفات و محلول سدیم سولفات انجام شد. دقت نتایج و رتبه‌بندی سیمان‌ها بین محلول‌ها متفاوت نبودند. از این رو آزمون ساده‌تر با استفاده از سدیم سولفات به عنوان استاندارد انتخاب شد.

ب-۹ دقت و اریبی آزمون نوبت گردشی در سال ۲۰۱۲ میلادی با استفاده از محفظه عمل‌آوری (به زیربند ۲-۸ مراجعه شود).

ب-۹-۱ دقت این روش آزمون بر پایه مطالعه بین آزمایشگاهی در سال ۲۰۱۲ میلادی انجام شد. ده آزمایشگاه در مطالعه شرکت کردند و یک نوع ماده را آزمون کردند. به هر آزمون‌گر دستور داده شد نتایج آزمون سه گانه را گزارش کند. طراحی مطالعه در استاندارد ASTM E691 و جزئیات در RR:C01-1012 ارائه شده است.

ب-۹-۱-۱ حد تکرارپذیری: دو نتیجه به دست آمده در یک آزمایشگاه اگر مقدار r برای آن ماده متفاوت باشد، معادل نیست. r بازه‌ای است که نمایانگر اختلاف اساسی بین دو نتیجه آزمون برای همان ماده است که توسط همان آزمون کننده با استفاده از همان تجهیزات در یک روز و در یک آزمایشگاه به دست آمده است. حد تکرارپذیری در جدول‌های ب-۱ و ب-۲ فهرست شده است.

ب-۹-۱-۲ حد تجدیدپذیری: اگر نتایج دو آزمون بیش از مقدار R باشد دو نتیجه آزمون برای آن ماده معادل نیست. r بازه‌ای است که نمایانگر اختلاف اساسی بین دو نتیجه آزمون برای ماده است که توسط آزمون کننده متفاوت، با استفاده از تجهیزات متفاوت، در آزمایشگاه متفاوت به دست آمده است. حد تکرارپذیری در جدول‌های ب-۱ و ب-۲ فهرست شده است.

ب-۹-۱-۳ شرایط فوق (حد تکرارپذیری و حد تجدیدپذیری) در استاندارد ASTM E177 ارائه شده است.

ب-۹-۱-۴ هر گونه داوری طبق زیربند ب-۹-۱-۱ و ب-۹-۱-۲ با احتمال تقریبی ۹۵٪ درست است.

ب-۹-۲ این بیانیه دقت از طریق بررسی آماری ۱۰۰ نتیجه آزمون در کل ده آزمایشگاه بر روی یک ماده تعیین شد.

ب-۹-۳ اریبی

در زمان مطالعه هیچ ماده مرجع مناسب برای تعیین اریبی برای این روش آزمون وجود نداشت بنابراین هیچ بیانیه‌ای در مورد اریبی ارائه نشده است.

جدول ب-۱- روش استاندارد الف (روش غوطه‌وری آب گرم) - ۱۶ هفته

ماده	میانگین ^A	انحراف معیار تکرارپذیری	انحراف معیار تجدیدپذیری	حد تکرارپذیری	حد تجدیدپذیری
	\bar{X}	S_r	S_R	r	R
سیمان C	۰٫۰۳۷۳۲	۰٫۰۰۵۹۴	۰٫۰۱۰۵۷	۰٫۰۱۶۶۲	۰٫۰۲۹۵۹
^A میانگین، میانگین محاسبه شده در آزمایشگاه‌ها					

جدول ب-۲- روش استاندارد الف (روش غوطه‌وری آب گرم) - ۱۶ هفته

حد تجدید پذیری	حد تکرار پذیری	انحراف معیار تجدید پذیری	انحراف معیار تکرار پذیری	میانگین ^A	ماده
R	r	S _R	S _r	\bar{X}	
۰٫۰۲۷۱۶	۰٫۰۰۹۵۵	۰٫۰۰۹۷۰	۰٫۰۰۳۴۱	۰٫۰۳۷۹۵	سیمان C
^A میانگین، میانگین محاسبه شده در آزمایشگاهها					

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

نمونه گزارش

نمونه‌ها مطابق روش شرح داده شده در این استاندارد آماده شد. شش منشور ملات برای شش آزمون آماده شد و شش ویژگی در جدول ۱ گزارش شد. نمونه‌ها طبق این استاندارد تا مقاومت مکعب‌ها به حداقل ۲۰ MPa برسد عمل‌آوری شد. نمونه‌ها در محلول سولفات در دمای °C (۲۳,۰ ± ۲,۰) به مدت ۱۸ ماه نگهداری شد. نتایج آزمون در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱- خواص مخلوط

مخلوط آزمون	
۳۷۰	شرکت سیمان ... ASTM C150 k, نوع II (g)
۳۷۰	شرکت سیمان ASTM C989 (g)
۲۰۳۵	ماسه دانه بندی شده (g)
۳۶۳	آب (ml)
۰,۴۹۰	مخلوط آزمون: نسبت آب/سیمان
۱۲۴	روانی %
۲۹۷۰	مقاومت ۲۴ ساعته (اختیاری)
۳۵۹	مخلوط کنترل آب (ml)
۰,۴۸۵	مخلوط آزمون نسبت آب/سیمان
۱۲۲	کنترل مخلوط‌کن، جریان %

جدول ۲- نتایج آزمون انبساط سولفات

مشخصه نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	میانگین	انحراف استاندارد	انحراف معیار
سن	تغییر طول (%)								
شروع هفته	-	-	-	-	-	-			
۱ هفته	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۵,۲۱۶
۲ هفته	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۵,۹۵۸
۳ هفته	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۳,۷۷۷
۴ هفته	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۴,۸۶۵
۸ هفته	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲۳	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۳,۷۱۸
۱۳ هفته	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۲۶	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۲,۹۹۱
۱۵ هفته	۰/۰۲۰	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱	۰/۰۲۰	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۴,۴۷۲
۴ ماه	۰/۰۲۷	۰/۰۲۸	۰/۰۲۹	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۲۷	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۲,۹۵۱
۶ ماه	۰/۰۳۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۲	۰/۰۳۲	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۳,۹۴۹
۹ ماه	۰/۰۳۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۶	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۳,۴۲۲
۱۲ ماه	۰/۰۴۲	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۲	۰/۰۴۴	۰/۰۴۳	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۳,۱۶۹
۱۸ ماه	۰/۰۴۹	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۴۹	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۱,۷۸۹
<p>متوسط ۶ ماه شش منشور: ۰/۰۳٪؛ متوسط ۱۸ ماه شش منشور: ۰/۰۵٪؛ متوسط ۱۲ ماه شش منشور: ۰/۰۴٪. نظر در مورد شرایط ظاهری: بعد از ۱۸ ماه اندازه‌گیری نمونه‌ها هیچ نشانه‌ای از خمیدگی، لکه یا رسوبات سطحی مشاهده نشد. در حالی که مقداری ترک در نزدیکی انتهای نوار وجود دارد.</p>									

کتابنامه

- [1] Rosnerl, J. C., Chehovits, J. G., and Wharburton, R. G., "Sulfate Resistance of Mortars Using Fly Ash as a Partial Replacement for Portland Cement," Proceedings, Sixth International Conference on Utilization of Fly Ash, Reno, March 1982.
- [2] Mather, Bryant, "Laboratory Tests of Portland Blast-Furnace Slag Cements," Journal of the American Concrete Institute, Proceedings, Vol 54, 1957, pp 205–232.
- [3] Biczok, I. Concrete Corrosion, Concrete Protection, Chemical Publishing Company, New York, 1967, p 178.
- [4] Miller, D. G., and Snyder, C. G., "Report on Comparative Short-Time Tests for Sulfate Resistance of 121 Commercial Cements," Report of Committee C-1 on Cement, Appendix III, Proceedings, ASTM, Vol 45, 1945, pp 165–194.
- [5] Wolochow, D., "Determination of the Sulfate Resistance of Portland Cement," Report of Committee C-1 on Cement, Appendix, Proceedings, ASTM, Vol 52, 1952, pp. 250–363.
- [6] Wolochow, D., "A Lean Mortar Bar Expansion Test for Sulfate Resistance of Portland Cements," Appendix A, Proceedings, ASTM, Vol 52, 1952, pp 264–265.
- [7] Mather, Katharine, "Tests and Evaluation of Portland and Blended Cements for Resistance to Sulfate Attack," ASTM STP 663, 1978, pp 74–86.
- [8] Mehta, P. K., "Evaluation of Sulfate-Resisting Cements by a New Test Method," Proceedings of the American Concrete Institute, Vol 72, Oct. 1975, pp 573–575.
- [9] Polivka, M., and Brown, E. H., "Influence of Various Factors on Sulfate Resistance of Concretes Containing Pozzolan," Proceedings, ASTM, Vol 58, 1958, pp 1077–1100.
- [10] Mehta, P. K., and Polivka, M., "Sulfate Resistance of Expansive Cement Concretes," American Concrete Inst SP-47, 1975, pp
- [11] Regourd, M., "The Action of Sea Water on Cements," Annales de L'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, Vol 329, 1975, pp 86–102.
- [12] Mehta, P. K., and Haynes, H. H., "Durability of Concrete in Sea Water," Proceedings of the American Society for Civil Engineers, Vol 101, No. ST 8, 1975, pp 1679–1686.
- [13] Campus, F., "Essais de resistance des Mortiers et Betons à la Mer (1934–1964)," Silicates Industriel, Vol 28, 1963, pp 79–88.
- [14] Bakker, R., "On the Cause of Increased Resistance of Concrete Made From Blast Furnace Cement to the Alkali Silica Reaction and to Sulfate Corrosion," (English Translation of doctoral thesis at RWTH 1980), Maastricht, 1981, 144 pp.
- [15] Miller, D. G., and Manson, P. W., "Tests of 106 Commercial Cements for Sulfate Resistance," Proceedings, ASTM, Vol 40, 1940, pp 988–1001.
- [16] Lea, F. M., The Chemistry of Cement and Concrete, Third Edition, Chemical Publishing Co., Inc., New York, NY, 1970, pp 727.
- [17] Brown, P. W., "An Evaluation of the Sulfate Resistance of Cements in a Controlled Environment," Cement and Concrete Research. Vol 11, 1981, pp 719–727.

- [18] Patzias, Terry, "Evaluation of Sulfate Resistance of Hydraulic- Cement Mortars by the ASTM C1012 Test Method. Concrete Durability, Katharine and Bryant Mather International Conference, American Concrete Institute SP-100, Vol 2, 1987, pp 2103–2120.
- [19] Patzias, T., "The Development of ASTM C1012 with Recommended Acceptance Limits for Sulfate Resistance of Hydraulic Cement," Cement, Concrete, and Aggregates, CCA GDP, Vol 13, No. 1, Summer 1991, pp. 50–57.